

AP20 Rec'd PCT/PTO 22 JUN 2006

**Embout d'extrémité pour assemblage combustible à nez d'orientation de l'écoulement du fluide réfrigérant et assemblage correspondant.**

La présente invention concerne un embout d'extrémité pour assemblage de combustible de réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des éléments de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité.

L'invention s'applique en particulier à la réalisation d'embouts inférieurs d'assemblages de combustible pour réacteurs nucléaires à eau pressurisée (PWR en anglais).

EP-537 044 décrit un embout inférieur pour un tel assemblage. Cet embout comprend une paroi horizontale munie de pieds d'appui sur la plaque inférieure d'un cœur de réacteur nucléaire. Les éléments de liaison de l'embout inférieur à l'embout supérieur sont constitués par des tubes-guides. Ces tubes-guides sont fixés à la paroi horizontale de l'embout. La paroi horizontale comporte sous sa surface inférieure des nervures de renfort. Dans chaque zone de la paroi horizontale délimitée entre les nervures de renfort, des ouvertures de passage de l'eau de réfrigération sont ménagées de sorte que la paroi horizontale constitue un filtre anti-débris.

L'eau de réfrigération circule dans le cœur du réacteur verticalement de bas en haut. Plus précisément, l'eau pénètre dans le cœur au travers de la plaque inférieure de cœur, puis traverse l'embout inférieur par l'intermédiaire des ouvertures précitées, avant d'entrer en contact avec les surfaces extérieures des crayons de combustible.

L'eau circule dans le cœur avec une vitesse ascendante très importante.

On a constaté, lors du fonctionnement du cœur, que les crayons de combustible, et notamment leurs extrémités inférieures, étaient soumis à des vibrations susceptibles de les détériorer.

BEST AVAILABLE COPY

Plus précisément, des phénomènes de frottement ou « fretting » sont susceptibles d'apparaître notamment entre la grille inférieure du squelette de support et les gaines extérieures des crayons de combustible.

5 Ces phénomènes de frottement peuvent induire des endommagements de gaines extérieures susceptibles de provoquer le relâchement de produit ou de gaz de fission dans l'eau du circuit primaire.

Un but de l'invention est de résoudre ce problème en limitant les vibrations des crayons de combustible d'assemblages pour réacteur nucléaire.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un embout d'extrémité pour assemblage de combustible de réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des  
15 éléments de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité,

caractérisé en ce que l'embout comprend des nez d'orientation de l'écoulement d'un fluide réfrigérant du réacteur le long des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible, les nez étant disposés en  
20 des nœuds du réseau sensiblement régulier pour être placés dans le prolongement longitudinal d'au moins certains des crayons de combustible et/ou d'au moins certains des éléments de liaison du squelette de support.

Selon des modes particuliers de réalisation, l'embout peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou  
25 selon toutes les combinaisons techniquement possible(s) :

- les nez convergent dans un sens destiné à être orienté vers l'extérieur de l'assemblage de combustible,
- certains au moins des nez appartiennent à des organes de fixation de l'embout d'extrémité à des éléments de liaison du squelette de support  
30 ou à des crayons de combustible,
- les organes de fixation sont des vis,

- l'embout comprend des moyens de maintien latéral d'extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible, lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier,
- les moyens de maintien comprennent des logements de réception des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,
- les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible par rapport à l'embout d'extrémité,
- l'embout comprend deux pièces pour enserrer entre elles les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,
- l'embout comprend un filtre anti-débris,
- l'une des pièces constitue le filtre anti-débris,
- l'embout constitue un embout inférieur, et
- l'embout comporte des pieds d'appui sur une plaque inférieure du cœur du réacteur nucléaire.

L'invention a en outre pour objet un assemblage de combustible pour réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des éléments de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité, caractérisé en ce qu'au moins un embout est un embout tel que défini ci-dessus.

Selon des modes particuliers de réalisation, l'assemblage peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possible(s) :

- ledit embout comprend des moyens de maintien latéral d'extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible, lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier,
- les moyens de maintien comprennent des logements recevant les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible par rapport à l'embout d'extrémité,

5       - ledit embout comprend deux pièces enserrant entre elles les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons prévus sur ledit embout et des viroles prévues aux extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible et emmanchées sur lesdits tétons,

10       - les viroles comprennent des reliefs d'appui sur l'une des pièces,

- les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible comprennent des pieds élargis enserrés entre les deux pièces,

- les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible sont dudgeonnées sur ledit embout,

15       - les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis prenant appui sur ledit embout et engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible, et

- les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage.

20       L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique latérale d'un assemblage de combustible selon l'état de la technique,

25       - la figure 2 est une vue schématique en plan montrant la répartition des crayons de combustible dans l'assemblage de la figure 1,

- la figure 3 est une vue schématique de dessous de l'embout inférieur d'un assemblage de combustible selon une première variante d'un premier mode de réalisation de l'invention,

30       - la figure 4 est une vue schématique en perspective de l'embout de la figure 3,

- la figure 5 est une vue schématique, partielle et en perspective éclatée illustrant la liaison de l'embout inférieur de la figure 3 aux crayons de combustible et aux tubes-guides,

- la figure 6 est une vue partielle, schématique et en coupe prise suivant le plan VI-VI de la figure 5 et illustrant la liaison entre l'embout inférieur, les tubes-guides et les crayons de combustible,

5 - la figure 7 est une vue partielle, schématique et de dessus illustrant la liaison d'un pied au reste de l'embout inférieur de la figure 3,

- la figure 8 est une vue schématique, partielle, et en perspective illustrant une deuxième variante du premier mode de réalisation de l'invention,

10 - la figure 9 est une vue latérale, schématique et partiellement en coupe illustrant une première variante d'un embout inférieur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, et

- les figures 10 à 13 sont des vues analogues à la figure 9 illustrant d'autres variantes du deuxième mode de réalisation de l'invention.

15 Afin d'illustrer le contexte de l'invention, la figure 1 représente schématiquement un assemblage 1 de combustible nucléaire pour réacteur à eau pressurisée. L'eau y assure donc une fonction de réfrigération et de modération, c'est-à-dire de ralentissement des neutrons produits par le combustible nucléaire.

L'assemblage 1 s'étend verticalement et de manière rectiligne le long d'une direction longitudinale A.

20 De manière classique, l'assemblage 1 comprend principalement des crayons 3 de combustible nucléaire et une structure ou squelette 5 de support des crayons 3.

Le squelette de support 5 comprend classiquement :

25 - un embout inférieur 7 et un embout supérieur 9 disposés aux extrémités longitudinales de l'assemblage 1,

- des tubes-guides 11 destinés à recevoir les crayons d'une grappe non-représentée de commande et d'arrêt du réacteur nucléaire, et

- des grilles 13 de maintien des crayons 3.

30 Les embouts 7 et 9 sont fixés aux extrémités longitudinales des tubes guides 11.

Les crayons 3 s'étendent verticalement entre les embouts 7 et 9. Les crayons 3 sont disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier à

base carrée où ils sont maintenus par les grilles 13. Certains des nœuds du réseau sont occupés par les tubes-guides 11 et éventuellement par un tube d'instrumentation 14 visible au centre de la figure 2. Sur cette figure 2, les crayons 3 sont en pointillés, les tubes-guides 11 en trait fort, et le tube d'instrumentation 14 est représenté par un disque noir.

Les grilles 13 comprennent classiquement des jeux de plaquettes 15 entrecroisées qui délimitent entre elles des cellules centrées sur les nœuds du réseau régulier. La plupart des cellules sont destinées à recevoir un crayon de combustible 3. Vingt quatre cellules reçoivent chacune un tube-guide 11 et la cellule centrale reçoit le tube d'instrumentation 14.

Dans l'exemple des figures 1 et 2, les grilles de maintien 13 comprennent 17 cellules par côté et le réseau régulier comprend le même nombre de nœuds par côté.

Dans d'autres variantes, le nombre de cellules et de nœuds par côté peut être différent, par exemple de 14 x 14 ou de 15 x 15.

Chaque crayon 3 comprend de manière classique une gaine extérieure 17 fermée par un bouchon inférieur 19 et un bouchon supérieur 21, et contenant le combustible nucléaire. Il s'agit par exemple de pastilles de combustible empilées, les pastilles prenant appui sur le bouchon inférieur 19.

Un ressort hélicoïdal non-représenté de maintien peut être disposé dans la gaine 17 entre la pastille supérieure et le bouchon supérieur 21.

Les figures 3 à 7 illustrent un embout inférieur 7 selon l'invention qui peut équiper un assemblage 1 tel que celui décrit en regard des figures 1 et 2. De préférence, les grilles de maintien 13 sont des grilles telles que celles décrites dans les documents US-6 542 567 et EP-925 589. Dans certaines variantes également, l'embout 7 peut équiper des assemblages différents de celui décrit précédemment et/ou comprenant des grilles de maintien différentes.

L'embout 7 comprend une paroi 23 horizontale et des pieds 25 qui prolongent la paroi 23 vers le bas pour s'appuyer sur la plaque inférieure du cœur du réacteur.

La paroi 23 a une forme générale parallélépipédique plane et les pieds 25 sont disposés chacun dans un coin de la paroi 23. La paroi 23 comprend un corps inférieur 29 et une plaque supérieure 31 qui recouvre le corps 29.

5 Le corps inférieur 29 comprend une pluralité de blocs 33 qui sont disposés aux nœuds du même réseau que les crayons de combustible 3, les tubes-guides 11 et le tube d'instrumentation 14.

Ainsi, comme on le voit sur la figure 3, le corps 29 comprend 17x17 blocs 33 de formes cylindriques.

10 Chaque bloc 33 est donc situé longitudinalement en dessous soit d'un crayon de combustible 3, soit d'un tube-guide 11 soit du tube d'instrumentation 14, si l'assemblage 1 en comprend.

Les blocs 33 sont reliés entre eux par des nervures 37 de rigidification qui quadrillent le corps inférieur 29.

15 Les blocs 33 qui sont disposés sous les crayons de combustible 3, c'est-à-dire la plupart des blocs 33, ont un diamètre correspondant sensiblement au diamètre extérieur des crayons 3 et sont prolongés vers le bas par des nez 39. Ces nez 39 ont sensiblement des formes d'ogive convergeant vers le bas. Ces nez 39 sont venus de matière avec les blocs 33 considérés.

20 Comme on le voit sur les figures 3 et 6, les blocs 33 disposés sous les tubes-guides 11 et le tube d'instrumentation 14 ne comportent pas de nez 39 intégrés, mais sont percés d'alésages verticaux 41. Pour chaque bloc 33 disposé sous un tube-guide 11, l'alésage 41 est un alésage de réception de la tige d'une vis 43 de fixation de l'embout 7 au tube-guide 11 considéré. On notera que la tête 45 de la vis 43 a sensiblement une forme d'ogive et constitue également un nez 39 disposé sous le bloc 33 considéré. On notera que les vis 43 n'ont pas été représentées sur la figure 3.

25 L'alésage 41 du bloc 33 central, disposé sous le tube d'instrumentation 14, est quant à lui laissé libre pour permettre le passage de la sonde du tube d'instrumentation 14.

Ainsi, le corps inférieur 29 de l'embout 7 présente un réseau de nez 39 similaire à celui des crayons de combustible 3 et des tubes-guides 11.

Ce réseau est seulement interrompu au droit du tube d'instrumentation 14. Dans certaines variantes, le réseau peut également être interrompu localement au voisinage de ce tube 14 de manière plus importante.

5 Dans ces variantes, l'essentiel des crayons 3 restent cependant disposés au-dessus de nez 39.

Les blocs 33 disposés sous les crayons de combustible 3 présentent en outre des orifices borgnes 47 qui débouchent dans la surface supérieure du corps inférieur 29. Ces orifices 47 présentent des tronçons supérieurs 49  
10 divergeant vers le haut.

Comme illustré par les figures 5 et 6, la plaque supérieure 31 comporte des anneaux 51 disposés aux nœuds du même réseau sensiblement régulier que les blocs 33. Les passages intérieurs 52 des anneaux 51 disposés sous les crayons de combustible 3 ont des tronçons supérieurs 53  
15 divergeant vers le haut et des tronçons inférieurs 55 sensiblement cylindriques disposés dans le prolongement des tronçons supérieurs divergents 49 des orifices borgnes 47. Le diamètre extérieur de ces anneaux 51 est sensiblement égal à celui des crayons 3.

Les passages intérieurs 52 des anneaux 51 disposés sous les tubes-  
20 guides 11 et le tube d'instrumentation 14 ont par exemple des formes cylindriques. Le diamètre extérieur de ces anneaux 51 est sensiblement égal à celui des tubes-guides 11 et du tube d'instrumentation 14.

Les anneaux 51 sont reliés entre-eux par des nervures de rigidification 57 disposées par exemple sous forme d'un quadrillage analogue à celui  
25 des nervures 37 du corps inférieur 29.

Lorsque la plaque supérieure 31 recouvre le corps inférieur 29 de l'embout 7, et comme on le voit sur les figures 5 et 6, les nervures 57 sont disposées au-dessus des nervures 37 du corps 29, les anneaux 51 sont disposés au-dessus des blocs 33. Il y a alors continuité longitudinale entre le  
30 corps 29 et la plaque 31.

Des lames 59, plus fines que les nervures 57 s'étendent entre les anneaux 51 et les nervures 57 pour délimiter dans la plaque 31 des ouvertures



61 de passage et de filtration de l'eau de réfrigération. Dans l'exemple représenté, les lames 59 sont disposées sous forme d'un quadrillage.

Ainsi, la plaque supérieure 31 forme un filtre anti-débris.

5 Comme illustré plus précisément par les figures 5 et 6, les tiges 62 des vis 43 de fixation des tubes-guides 11 traversent les alésages 41 correspondants et sont engagées dans des bouchons inférieurs 63 solidaires des tubes-guides 11. Les bouchons 63 prennent alors appui sur la plaque supérieure 31, et les têtes 45 des vis 43 prennent appui sous le corps inférieur 29.

10 La plaque supérieure 31 et le corps inférieur 29 sont plaqués l'un contre l'autre et l'embout 7 est solidaire du reste du squelette de support 5.

Comme on le voit sur la figure 7, les pieds 25 ont par exemple été fixés aux coins du corps inférieur 29 par l'intermédiaire de vis 65 de fixation.

15 On notera que sur la figure 7, le réseau de bloc 33 n'a été que partiellement représenté et leur structure n'a pas été détaillée.

Les passages 52 des anneaux 51 disposés sous les crayons de combustible 3 et les orifices borgnes 47 des blocs 33 disposés en dessous forment des logements 67 de réception des bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3.

20 Dans l'exemple illustré par les figures 3 à 7, les bouchons inférieurs 19 prennent appui sur les tronçons supérieurs divergeants 53 de ces passages 67 via des régions de forme complémentaire. Les crayons 3 sont ainsi tous maintenus latéralement via leurs extrémités inférieures par rapport à l'embout inférieur 7. Les extrémités supérieures des crayons 3 sont par  
25 exemple libres comme dans l'état de la technique et ne sont pas maintenues par l'embout supérieur 9.

La présence des nez 39, placés dans le prolongement des crayons 3 et des tubes-guides 11, permet d'orienter les veines d'écoulement sensiblement verticalement le long des extrémités inférieures des crayons 3 et donc  
30 de diminuer les vitesses latérales d'écoulement de l'eau.

Les vibrations des extrémités inférieures crayons 3 sont ainsi réduites lors du fonctionnement du réacteur.

Les risques de vibration des crayons 3 sont encore plus réduits du fait du maintien latéral des extrémités inférieures des crayons 3 par l'embout 7 lui-même. Ainsi, les vibrations des crayons 3 sont limitées, à un point tel qu'il est possible de supprimer la grille inférieure 13 de maintien.

5 Les risques d'endommagement par fretting des gaines 17 des crayons de combustible 3 sont donc limités.

On notera que l'embout 7 présente en outre une bonne transparence à l'écoulement de l'eau et n'induit donc pas de perte de charge importante.

10 De manière générale, d'autres formes que des formes d'ogives peuvent être envisagées pour les nez 39 d'orientation longitudinale de l'écoulement au voisinage des extrémités inférieures des crayons 3.

Il peut ainsi s'agir notamment de formes convergeant vers le bas, telles que des formes coniques.

15 En outre, la densité des nez 39 peut être moins importante que dans l'exemple décrit précédemment, tant que l'essentiel des crayons 3 surmontent un nez 39.

Typiquement, l'embout inférieur 7 peut être réalisé en acier inoxydable ou en alliage de zirconium.

Il peut être réalisé par tout procédé classique.

20 Ainsi, le corps 29 et la plaque 31 peuvent être réalisés soit par moulage, soit par un procédé utilisant des jets d'eau abrasifs à très haute pression (plusieurs milliers de bars), cette eau pouvant être chargée de particules abrasives.

25 Comme illustré par la variante de la figure 8, la paroi horizontale 23 de l'embout inférieur 7 n'est pas nécessairement constituée en deux parties. Ainsi, dans cette variante, le filtre anti-débris est intégré au corps 29, c'est-à-dire que les lames 59 s'étendent entre les nervures de rigidification 37.

Dans la variante de la figure 8, on notera également que les pieds 25 sont, tout comme les lames 59, venus de matière avec le corps 29.

30 L'embout inférieur 7 est alors réalisé d'une seule pièce.

On notera également que des nez 39 disposés en un réseau correspondant sensiblement à celui des crayons 3 peuvent être utilisés indépen-

damment de la présence sur l'embout 7 de moyens de maintien des extrémités inférieures des crayons 3.

5 A l'inverse, le maintien des crayons 3 par l'embout inférieur 7 peut être plus important et inclure un blocage longitudinal comme illustré par le deuxième mode de réalisation de l'invention.

10 La première variante de ce mode de réalisation, illustrée par la figure 9, se distingue de celle des figures 1 à 7 principalement par le fait que les blocs 33 disposés longitudinalement sous les crayons de combustible 3 sont prolongés vers le haut par des tétons 71 bordés par des gorges circulaires 73.

Les bouchons inférieurs 19 des crayons 3 sont prolongés vers le bas par des viroles sensiblement cylindriques 75. Ces viroles 75 sont fendues pour présenter des languettes 77 déformables élastiquement.

15 Chaque virole 75 est déformée pour présenter un renflement bombé constituant un bourrelet circulaire 79.

Le diamètre intérieur de la virole 75 est légèrement inférieur au diamètre extérieur des tétons 71.

Pour assembler les crayons de combustible 3 à l'embout inférieur 7, on procède comme illustré par la partie gauche de la figure 9.

20 On a préalablement enfilé la plaque supérieure 31 sur les crayons de combustible 3 en faisant passer les extrémités supérieures des crayons de combustible 3 dans les passages intérieurs 52 des anneaux 51.

Ensuite, on vient enficher les viroles 75 sur les tétons 71, comme matérialisé par la flèche 81 sur la partie gauche de la figure 9.

25 Au cours de cet enfichage, les languettes 77 sont légèrement déformées élastiquement latéralement vers l'extérieur.

Ensuite, on abaisse la plaque supérieure 31 jusqu'à l'appuyer contre le corps inférieur 29, comme illustré par la partie droite de la figure 9.

30 Des tronçons inférieurs 83 des passages 52 des anneaux 51 viennent alors s'appuyer contre le bourrelet 79. Ces tronçons inférieurs 83 ont par exemple des formes divergeant vers le bas.

La fixation de l'embout inférieur 7 aux tubes-guides 11 par l'intermédiaire des vis 43 décrites précédemment permet de terminer la constitution du squelette 5 de support.

5 La plaque supérieure 31 est alors maintenue plaquée longitudinalement contre le corps inférieur 29 et serre ainsi longitudinalement les extrémités inférieures des crayons 3 contre le corps 29 par l'intermédiaire des bourrelets 79.

10 Tous les crayons de combustible 3 sont alors bloqués longitudinalement et latéralement par rapport à l'embout inférieur 7, induisant ainsi un blocage latéral des crayons 3 par rapport à l'embout 3, ce qui réduit encore plus les risques de vibration des crayons de combustible 3 et d'endommagement par fretting.

La figure 10 illustre une seconde variante de ce mode de réalisation.

15 Dans cette variante, les viroles 75 ont des diamètres extérieurs plus réduits, et donc inférieurs au diamètre extérieur des gaines 17 des crayons de combustible 3. Les viroles 75 sont alors reliées par des épaulements 85 aux surfaces latérales des bouchons inférieurs 19. Les passages centraux 52 des anneaux 51 présentent, en plus du tronçon inférieur divergeant 83, un tronçon supérieur 87 divergeant vers le haut.

20 Le diamètre extérieur des tétons 71 est plus réduit que dans la première variante de la figure 9.

Pour assembler les crayons de combustible 3 à l'embout inférieur 7, on commence par insérer les viroles 75 dans les passages 52 des anneaux 51 de la grille 31, comme matérialisé par la flèche 88 sur la partie gauche de la figure 10. Au cours de cette insertion, les languettes 77 se déforment élastiquement latéralement vers l'intérieur, jusqu'à ce que les bourrelets 79 viennent se placer sous les tronçons tronconiques 83 et que les épaulements 85 s'appuient sur la surface supérieure de la grille anti-débris 31. Les bouchons inférieurs 19 des crayons 3 sont alors assemblés par encliquetage à la grille supérieure 31.

30 Ensuite, on plaque la grille supérieure 31 contre le bloc inférieur 29 de sorte que les tétons 71 pénètrent à l'intérieur des viroles 75. Les tétons 71

empêchent alors la déformation des lames 77 et donc le désencliquetage des bouchons inférieurs 19 de la plaque supérieure 31.

La fixation de l'embout inférieur 7 aux tubes-guides 11 par l'intermédiaire des vis 43 permet de compléter la réalisation du squelette de support 5.

Dans cette deuxième variante, les extrémités inférieures des crayons de combustible 3 sont également bloquées longitudinalement et latéralement par rapport à l'embout 7.

Dans la troisième variante de la figure 11, les bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3 comportent des pieds inférieurs élargis 89, par exemple sous forme de disques de diamètre plus important que le diamètre extérieur des gaines extérieures 17.

Après avoir enfilé les crayons de combustible 3 par leurs extrémités supérieures dans les anneaux 51 de la grille 31, ces pieds 89 viennent s'engager dans des lamages inférieurs 91 ménagés dans les anneaux 51. Les pieds 89, et donc les extrémités inférieures des crayons de combustible 3, sont donc bloqués longitudinalement entre le corps inférieur 29 de l'embout 7 et la plaque supérieure 31, grâce aux vis 43 de fixation aux tubes-guides 11.

Dans la variante de la figure 12, les bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3 comportent également des viroles 75 qui, toutefois, ne sont pas fendues. Ces viroles 75 ont été insérées dans les passages 52 des anneaux 51 et fixées aux anneaux 51 par dudgeonnage.

Les extrémités inférieures des crayons de combustible 3 sont donc bloquées longitudinalement et latéralement à la plaque supérieure 31 de l'embout inférieur 7 qui est elle-même fixée, par les vis 43, au corps 29 de l'embout inférieur 7.

La figure 13 illustre encore une autre variante où le blocage des crayons de combustible 3 sur l'embout 7 est réalisé grâce à des vis 43 analogues à celles utilisées pour la fixation aux tubes-guides 11.

Ainsi, chaque nez 39 disposé sous un crayon 3 est formé par une tête 45 de vis 43, dont la tige 62 traverse le bloc 33 correspondant et est vissée dans le bouchon inférieur 19 du crayon 3 correspondant.

Dans chacun des modes de réalisation et dans chacune des variantes décrites ci-dessus, l'embout 7 peut ne pas comprendre de filtre anti-débris.

5 On notera à nouveau que la présence dans l'embout 7 de moyens de maintien, ou encore mieux de moyens de blocage latéral et/ou longitudinal de tous les crayons 3, peut être envisagée séparément de l'utilisation de nez 39 d'orientation de l'écoulement de l'eau de réfrigération le long des crayons 3, puisqu'ils permettent indépendamment de limiter les risques de vibration des crayons de combustible 3.

10 Dans certaines variantes, quelques crayons peuvent ne pas être maintenus par l'embout 7, l'essentiel des crayons restent cependant maintenus.

15 De manière plus générale, les principes décrits ci-dessus peuvent être utilisés non seulement pour les assemblages destinés aux réacteurs à eau pressurisée mais également pour ceux destinés aux réacteurs à eau bouillante (BWR en anglais).

### REVENDICATIONS

1. Embout d'extrémité (7) pour assemblage de combustible (1) de réacteur nucléaire à eau pressurisée, l'assemblage (1) comprenant des crayons de combustible (3) et un squelette (5) de support des crayons de combustible (3), les crayons de combustible (3) s'étendant le long d'une direction longitudinale (A) et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support (5) comprenant deux embouts d'extrémité (7, 9) et des tubes-guides (11) reliant les embouts d'extrémité, les crayons de combustible (3) étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité (7, 9),

caractérisé en ce que l'embout comprend des nez (39) d'orientation de l'écoulement d'un fluide réfrigérant du réacteur le long des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3), les nez (39) étant disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier pour être placés dans le prolongement longitudinal d'au moins certains des crayons de combustible (3) et/ou d'au moins certains des tubes-guides (11) du squelette de support (5).

2. Embout selon la revendication 1, caractérisé en ce que les nez (39) convergent dans un sens destiné à être orienté vers l'extérieur de l'assemblage de combustible (1).

3. Embout selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que certains au moins des nez (39) appartiennent à des organes (43) de fixation de l'embout d'extrémité (7) à des tubes-guides (11) du squelette de support (5) ou à des crayons de combustible (3).

4. Embout selon la revendication 3, caractérisé en ce que les organes de fixation sont des vis (43).

5. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (67 ; 71, 83 ; 91 ; 51 ; 43) de maintien latéral d'extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3), lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier.

6. Embout selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de maintien comprennent des logements (67) de réception des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

5 7. Embout selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) par rapport à l'embout d'extrémité (7).

10 8. Embout selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'embout comprend deux pièces (29, 31) pour enserrer entre elles les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

9. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un filtre anti-débris (31).

10. Embout selon les revendications 8 et 9 prises ensemble, caractérisé en ce que l'une des pièces constitue le filtre anti-débris (31).

15 11. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il constitue un embout inférieur.

12. Embout selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte des pieds (25) d'appui sur une plaque inférieure du cœur du réacteur nucléaire.

20 13. Assemblage de combustible (1) pour réacteur nucléaire à eau pressurisée, l'assemblage (1) comprenant des crayons de combustible (3) et un squelette (5) de support des crayons de combustible (3), les crayons de combustible (3) s'étendant le long d'une direction longitudinale (A) et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support (5) comprenant deux embouts d'extrémité (7, 9) et des tubes-guides (11) reliant les embouts d'extrémité, les crayons de combustible (3) étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité (7, 9), caractérisé en ce qu'au moins un embout (7) est un embout selon l'une des revendications précédentes.

30 14. Assemblage selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit embout (7) comprend des moyens (67 ; 71, 83 ; 51 ; 43) de maintien latéral d'extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3),



lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier.

15 15. Assemblage selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de maintien comprennent des logements (67) recevant les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

16. Assemblage selon la revendication 14 ou 15, caractérisé en ce que les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) par rapport à l'embout d'extrémité (7).

10 17. Assemblage selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit embout (7) comprend deux pièces (29, 31) enserrant entre elles les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

15 18. Assemblage selon la revendication 17, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons (71) prévus sur ledit embout (7) et des viroles (75) prévues aux extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) et emmanchées sur lesdits tétons (71).

20 19. Assemblage selon les revendications 17 et 18 prises ensembles, caractérisé en ce que les viroles (75) comprennent des reliefs (79) d'appui sur l'une des pièces (29, 31).

20. Assemblage selon la revendication 17, caractérisé en ce que les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) comprennent des pieds élargis (89) enserrés entre les deux pièces (29, 31).

25 21. Assemblage selon la revendication 16, caractérisé en ce que les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) sont dudgeonnées sur ledit embout (7).

30 22. Assemblage selon l'une des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis (43) prenant appui sur ledit embout (7) et engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

23. Assemblage selon l'une des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage (figure 10).



2/12

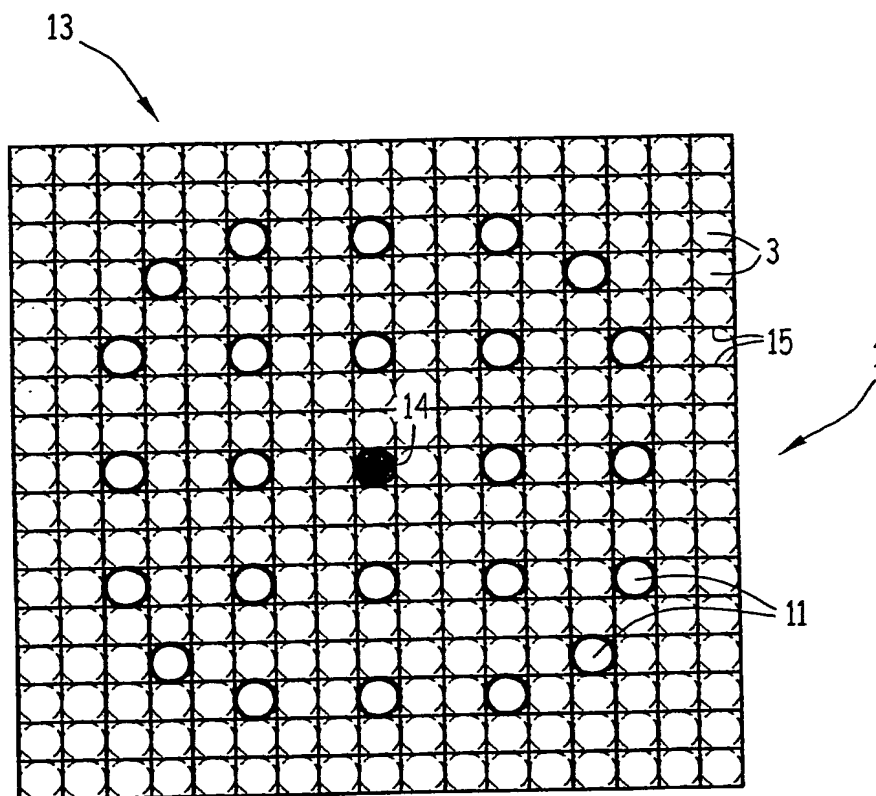


FIG. 2

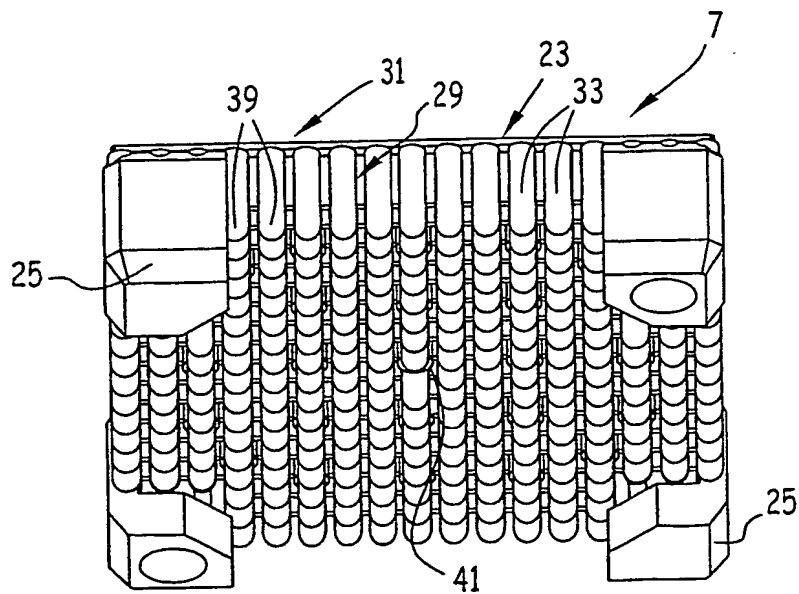
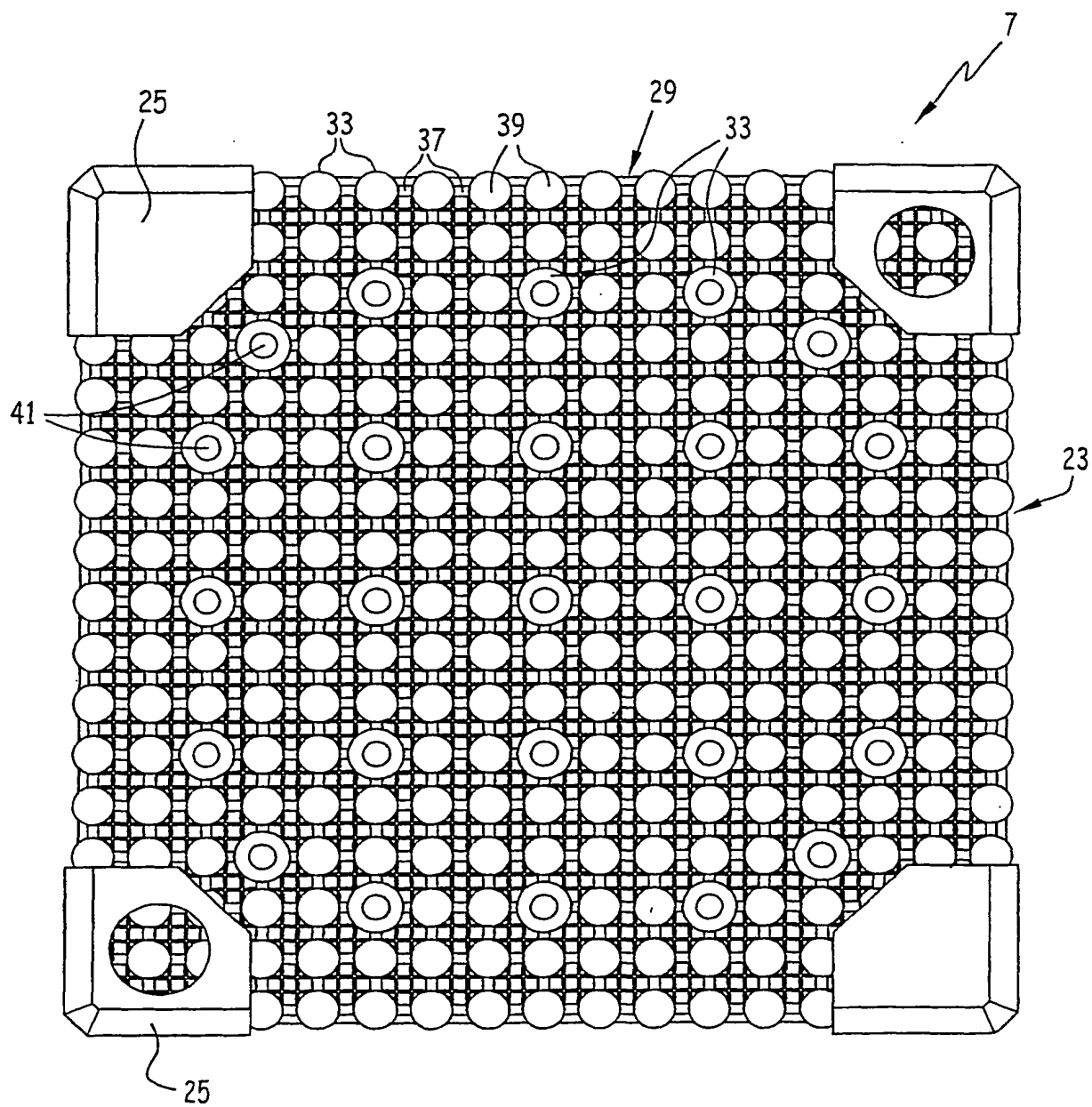
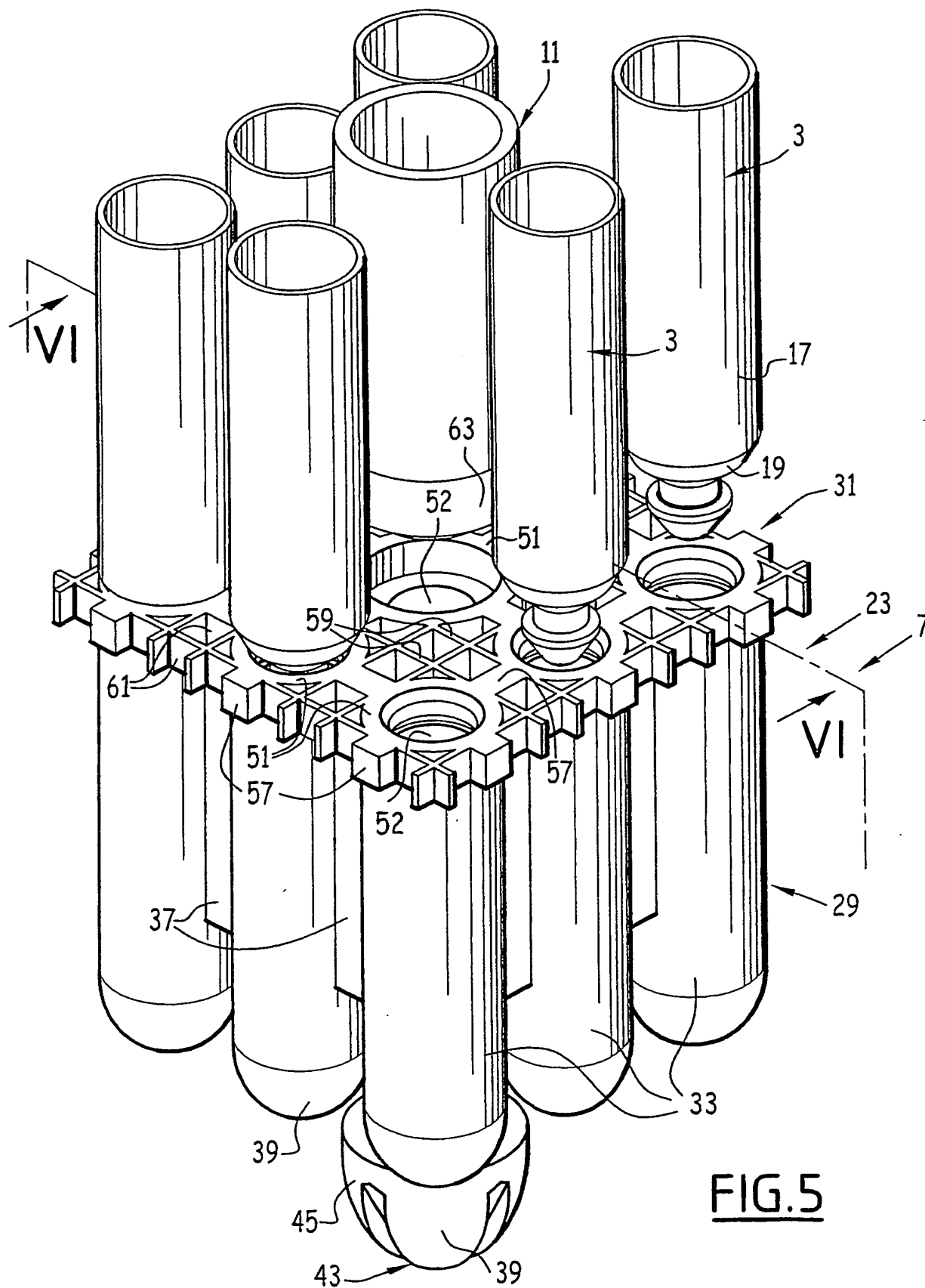


FIG. 4

3/12

FIG. 3

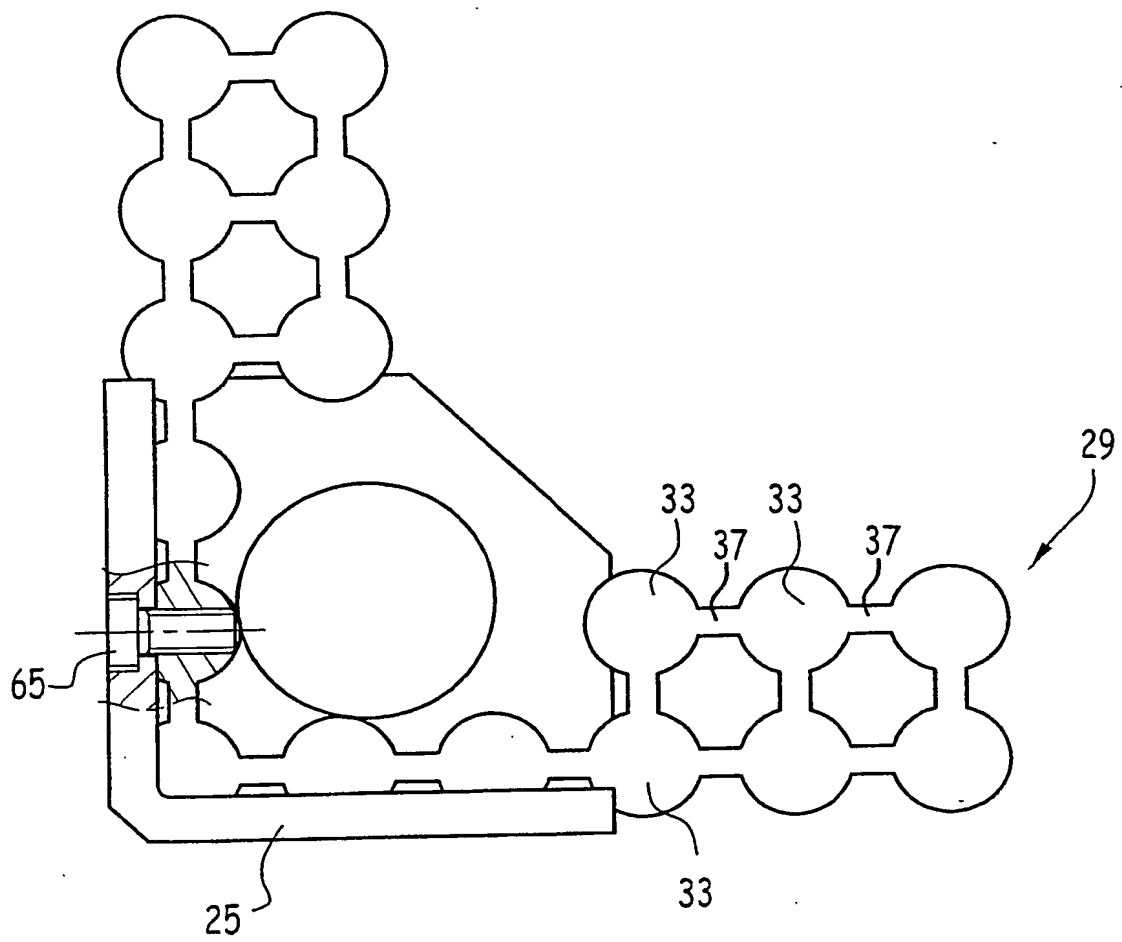
4/12



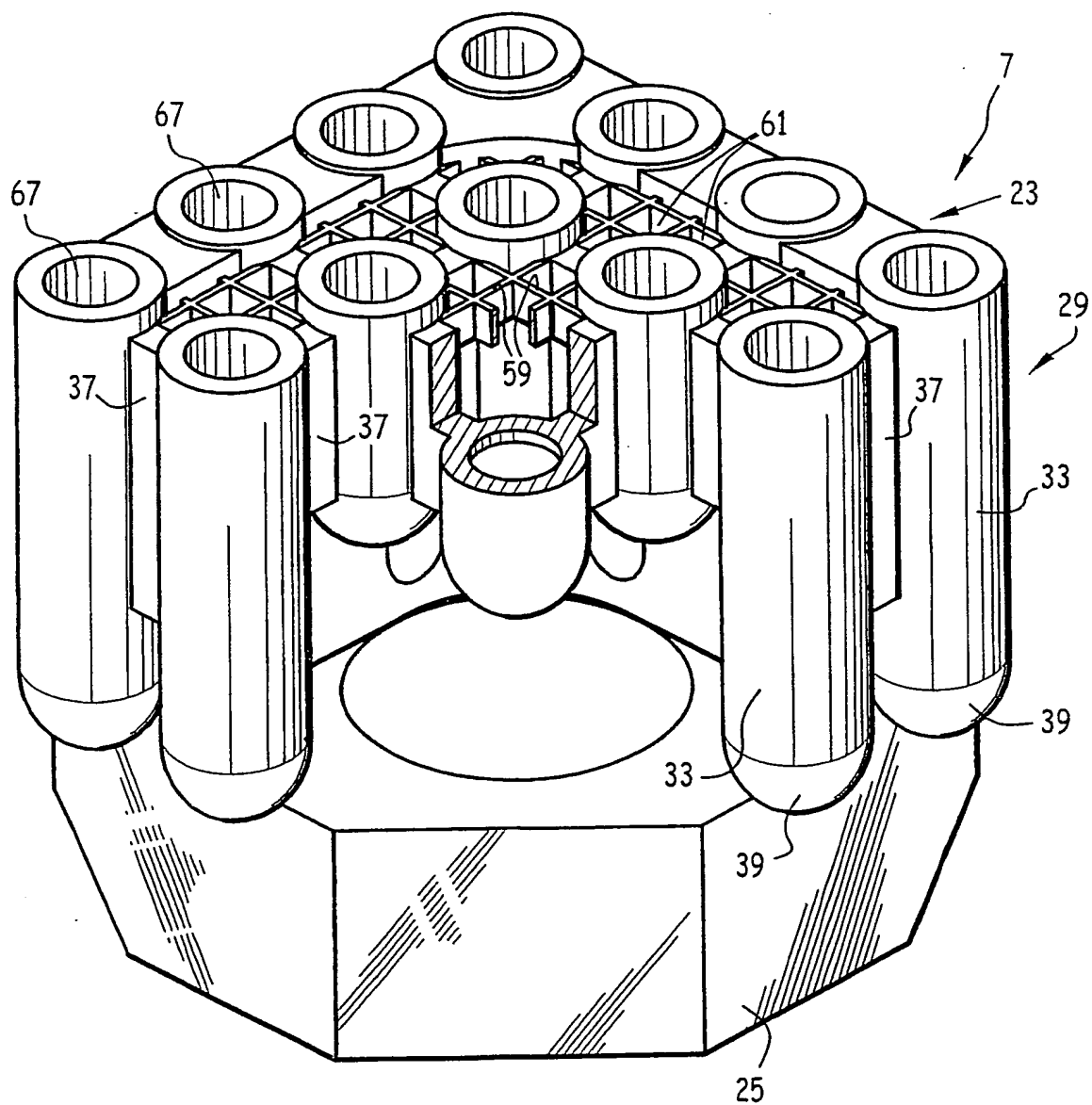
**FIG. 5**



6/12

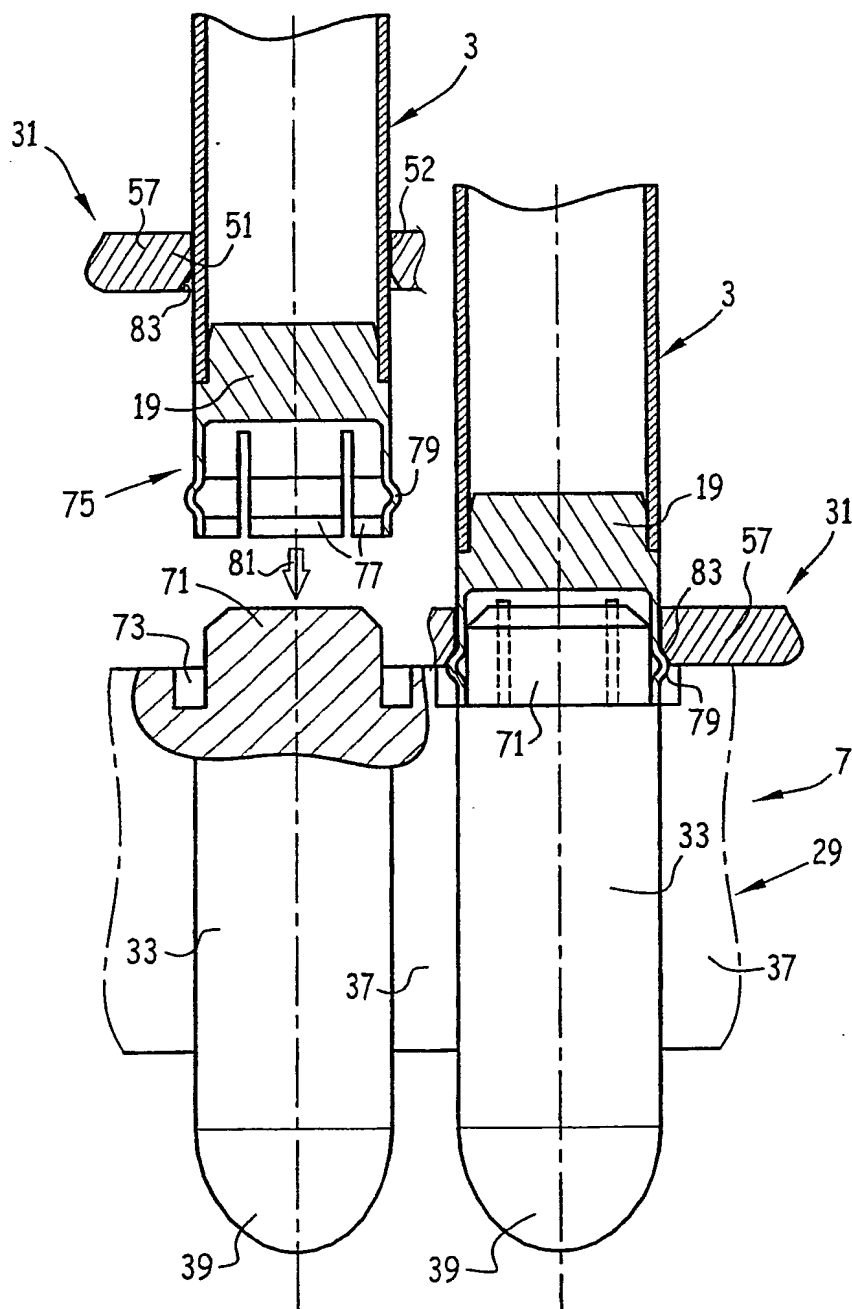
FIG. 7

7/12

FIG. 8



8/12

FIG. 9

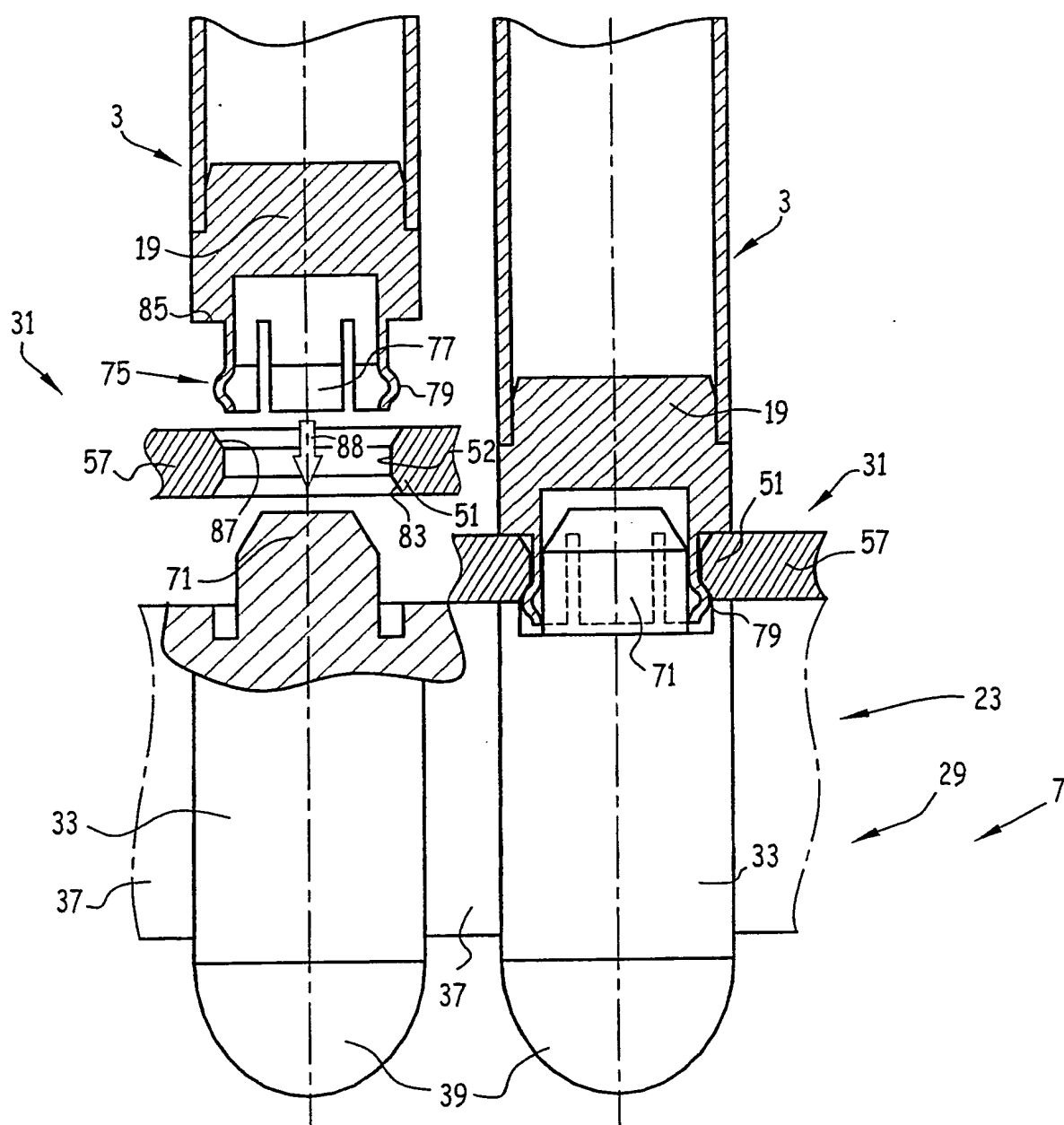


FIG.10

10/12

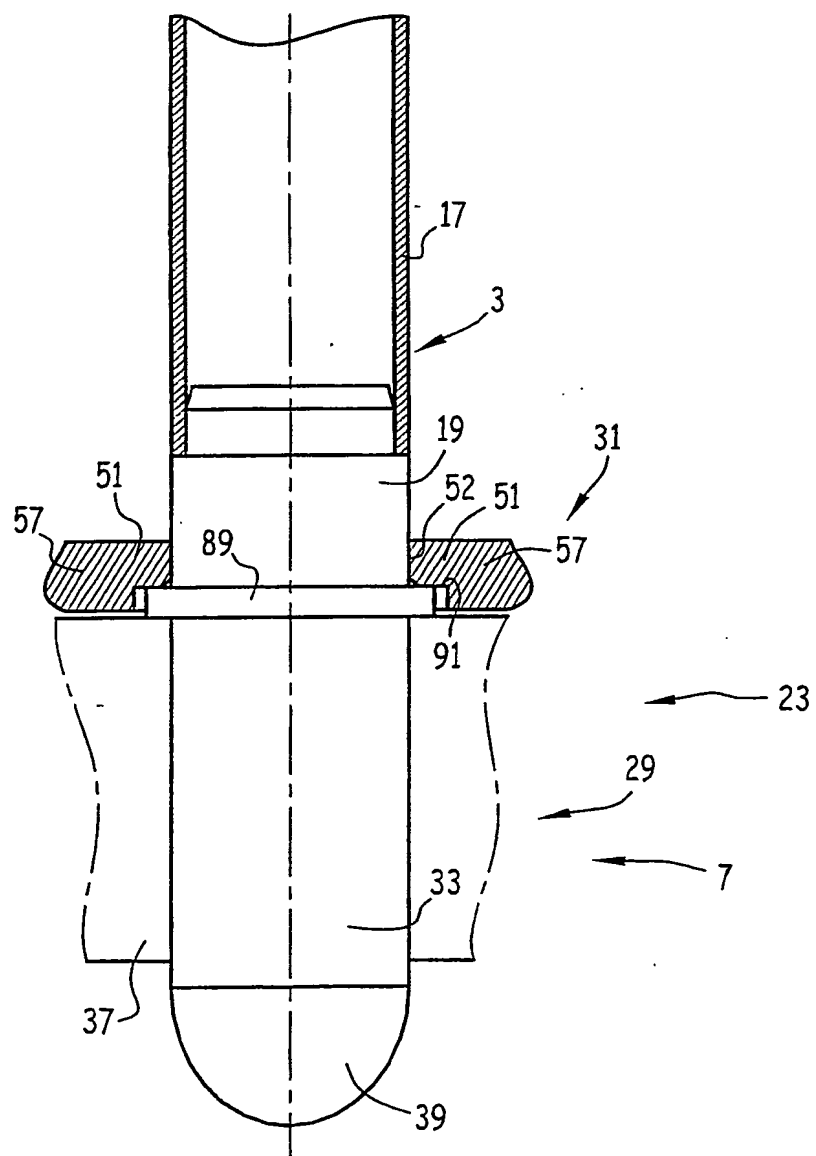


FIG.11

11/12

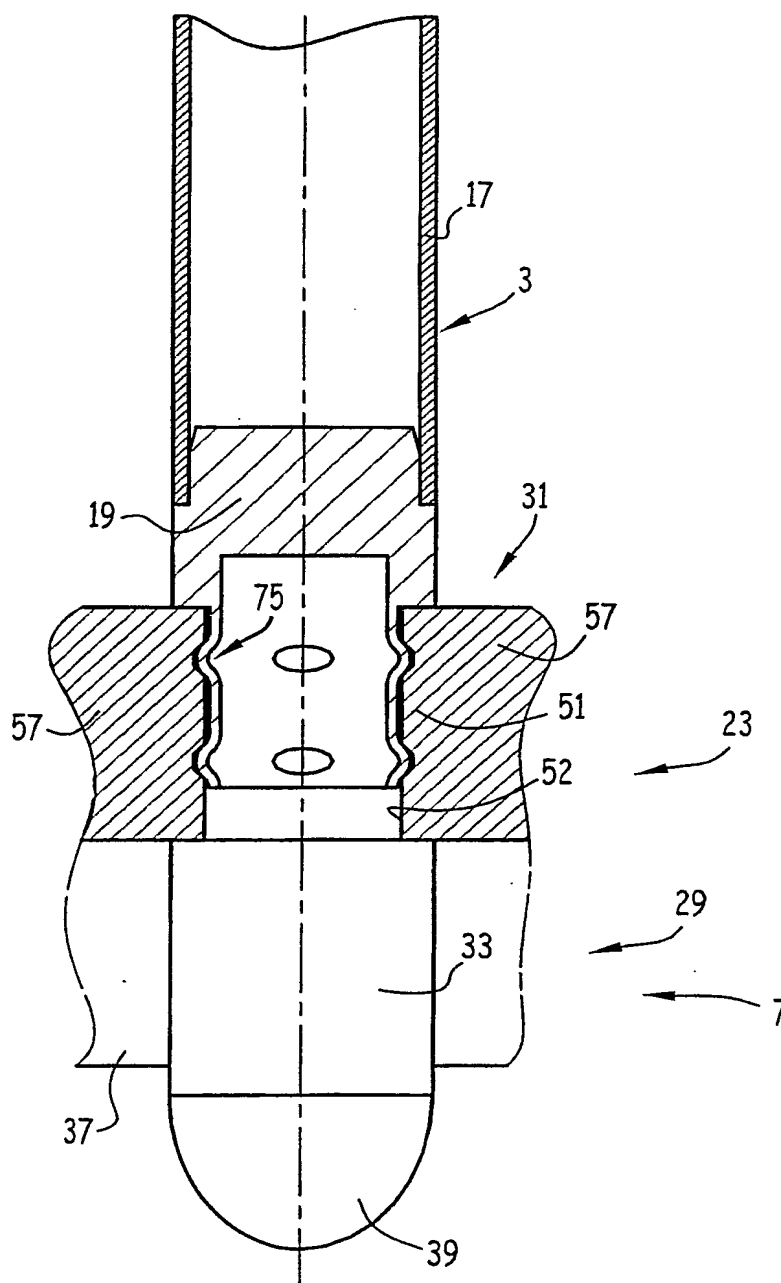


FIG.12

12/12

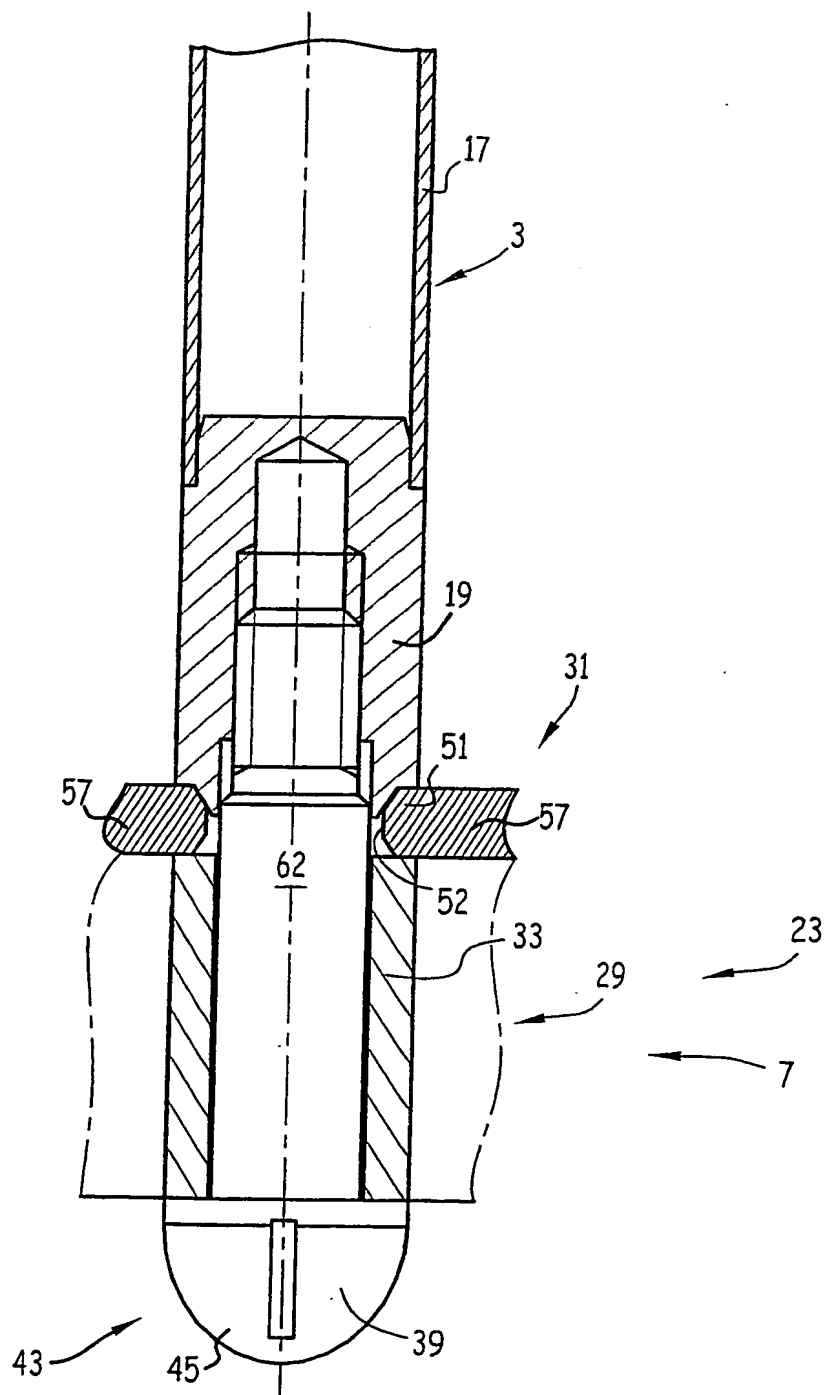


FIG. 13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/003299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G21C3/322

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 41 14 004 A (SIEMENS AG) 5 November 1992 (1992-11-05)	1-12
Y	column 3 - column 4 column 5, line 61 - column 6, line 2 column 8, lines 5-32	13-23
Y	US 4 655 990 A (LECLERCQ JOSEPH) 7 April 1987 (1987-04-07)	13-23
A	column 5, lines 20-26; figures 1-5,7	1
X	US 3 775 249 A (CLAPHAM L) 27 November 1973 (1973-11-27)	1-3
A	column 2; figures 1-3	4-7, 9, 11, 16, 22
A	US 4 919 883 A (BRYAN WILLIAM J) 24 April 1990 (1990-04-24)	1-23
	column 3 - column 4; figures 1-6	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

27 July 2005

Date of mailing of the International search report

04/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jandl, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/FR2004/003299

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4114004	A	05-11-1992	DE — 4114004 A1	05-11-1992
			WO 9220069 A1	12-11-1992
US 4655990	A	07-04-1987	FR 2479536 A1	02-10-1981
			DE 3172104 D1	10-10-1985
			DE 3176239 D1	09-07-1987
			EP 0036821 A1	30-09-1981
			EP 0123055 A2	31-10-1984
			ES 8601547 A1	16-02-1986
			JP 1643138 C	28-02-1992
			JP 2196997 A	03-08-1990
			JP 3002436 B	16-01-1991
			JP 1597681 C	28-01-1991
			JP 2021552 B	15-05-1990
			JP 57000584 A	05-01-1982
			ZA 8101783 A	31-03-1982
US 3775249	A	27-11-1973	BE 774782 A1	02-05-1972
			DE 2153238 A1	29-06-1972
			DE 7140488 U	18-05-1972
			ES 396448 A1	01-01-1978
			FR 2111923 A5	09-06-1972
			GB 1324192 A	18-07-1973
			IT 942758 B	02-04-1973
			NL 7114659 A ,B,	03-05-1972
			SE 369454 B	26-08-1974
US 4919883	A	24-04-1990	KR 9203463 B1	01-05-1992

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR2004/003299

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G21C3/322

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G21C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 41 14 004 A (SIEMENS AG) 5 novembre 1992 (1992-11-05)	1-12
Y	colonne 3 - colonne 4 colonne 5, ligne 61 - colonne 6, ligne 2 colonne 8, ligne 5-32	13-23
Y	US 4 655 990 A (LECLERCQ JOSEPH) 7 avril 1987 (1987-04-07)	13-23
A	colonne 5, ligne 20-26; figures 1-5,7	1
X	US 3 775 249 A (CLAPHAM L) 27 novembre 1973 (1973-11-27)	1-3
A	colonne 2; figures 1-3	4-7, 9, 11, 16, 22
A	US 4 919 883 A (BRYAN WILLIAM J) 24 avril 1990 (1990-04-24) colonne 3 - colonne 4; figures 1-6	1-23

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 juillet 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/08/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jandl, F



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

embres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2004/003299

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4114004	A	05-11-1992	DE 4114004 A1	05-11-1992
			WO 9220069 A1	12-11-1992
US 4655990	A	07-04-1987	FR 2479536 A1	02-10-1981
			DE 3172104 D1	10-10-1985
			DE 3176239 D1	09-07-1987
			EP 0036821 A1	30-09-1981
			EP 0123055 A2	31-10-1984
			ES 8601547 A1	16-02-1986
			JP 1643138 C	28-02-1992
			JP 2196997 A	03-08-1990
			JP 3002436 B	16-01-1991
			JP 1597681 C	28-01-1991
			JP 2021552 B	15-05-1990
			JP 57000584 A	05-01-1982
			ZA 8101783 A	31-03-1982
US 3775249	A	27-11-1973	BE 774782 A1	02-05-1972
			DE 2153238 A1	29-06-1972
			DE 7140488 U	18-05-1972
			ES 396448 A1	01-01-1978
			FR 2111923 A5	09-06-1972
			GB 1324192 A	18-07-1973
			IT 942758 B	02-04-1973
			NL 7114659 A , B,	03-05-1972
			SE 369454 B	26-08-1974
US 4919883	A	24-04-1990	KR 9203463 B1	01-05-1992